

05.11.98

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 20 NOV 1998

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1998年 7月 7日

出願番号

Application Number:

平成10年特許願第207198号

出願人

Applicant(s):

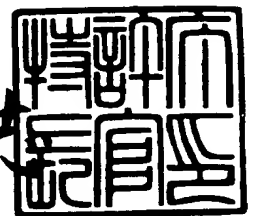
東京エレクトロン株式会社

PRIORITY DOCUMENT

1998年 9月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山建志



出証番号 出証特平10-3077939

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP972160

【提出日】 平成10年 7月 7日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 H01L 21/31

【発明の名称】 バリアメタル、その形成方法、ゲート電極及びその形成方法

【請求項の数】 19

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内

 【氏名】 松瀬 公裕

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内

 【氏名】 大槻 林

【特許出願人】

 【識別番号】 000219967

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

 【代表者】 東 哲郎

【代理人】

 【識別番号】 100090125

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 浅井 章弘

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 平成 9 年特許願第 319059 号

 【出願日】 平成 9 年 11 月 5 日

【手数料の表示】

 【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 049906

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9105400

【書類名】 明細書

【発明の名称】 バリアメタル、その形成方法、ゲート電極及びその形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体集積装置のバリアメタルとして、 WN_x 或いは $WSiN_x$ を用いたことを特徴とするバリアメタル。

【請求項 2】 前記バリアメタルは、前記半導体集積装置のビアホール或いはコンタクトホールに用いられることを特徴とする請求項 1 記載のバリアメタル。

【請求項 3】 前記バリアメタルは、少なくとも一面が配線用銅膜と接していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のバリアメタル。

【請求項 4】 前記バリアメタルは、前記半導体集積装置のゲート電極におけるポリシリコン層とタングステン層との界面に介在されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のバリアメタル。

【請求項 5】 バリアメタルを形成する方法において、 WN_x 層或いは $WSiN_x$ 層を 1 つの工程で形成するようにしたことを特徴とするバリアメタルの形成方法。

【請求項 6】 前記工程では、MMH（モノメチルヒドラジン）ガス、 N_2 ガス、 NH_3 ガスの内、いずれか 1 つを用いることを特徴とする請求項 5 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 7】 バリアメタルを形成する方法において、W 層或いは WSi 層を形成する成膜工程と、前記層を窒化して WN_x 層或いは $WSiN_x$ 層を形成する窒化工程とを有することを特徴とするバリアメタルの形成方法。

【請求項 8】 処理室内に付着した WN_x 又は $WSiN_x$ を、 ClF_3 ガスを含むガスを用いてクリーニングする工程を有する請求項 5 乃至 7 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 9】 前記窒化工程は、MMH ガス、 N_2 ガス、 NH_3 ガスの内、いずれか 1 つを用いることを特徴とする請求項 7 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 10】 前記窒化工程において MMH ガス或いは NH_3 ガスを用いる場合には、プラズマレスの窒化処理を行なうことを特徴とする請求項 9 記載のバリアメタルの形成方法。

アメタルの形成方法。

【請求項 11】 前記窒化工程において N_2 ガスを用いる場合には、プラズマ窒化処理を行なうことを特徴とする請求項 9 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 12】 前記成膜工程と窒化工程は、同一の処理装置内で行なわれることを特徴とする請求項 7 乃至 11 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 13】 前記成膜工程と窒化工程との間には、成膜時に用いた成膜ガスを不活性ガスにより排気するパージ工程が行なわれることを特徴とする請求項 12 記載のバリアメタルの形成方法。

【請求項 14】 半導体集積装置のゲート電極において、ゲート酸化膜上に、ポリシリコン層と、高融点金属の窒化膜よりなるバリアメタルと、前記高融点金属よりなる高融点金属層とを順次積層してなるゲート電極。

【請求項 15】 半導体集積装置のゲート電極において、ゲート酸化膜上に、高融点金属の窒化膜よりなるバリアメタルと、前記高融点金属よりなる高融点金属層とを順次積層してなるゲート電極。

【請求項 16】 前記高融点金属は、タングステンであることを特徴とする請求項 14 または 15 記載のゲート電極。

【請求項 17】 前記ゲート酸化膜は、シリコン酸化膜よりなることを特徴とする請求項 14 または 16 記載のゲート電極。

【請求項 18】 前記ゲート酸化膜は、タンタルオキサイドよりなることを特徴とする請求項 15 または 16 記載のゲート電極。

【請求項 19】 請求項 14 乃至 18 のいずれかに記載の半導体集積装置のゲート電極の形成方法において、少なくともバリアメタルを形成する成膜工程と、高融点金属層を形成する成膜工程とを同一成膜装置内で行なうようにしたことを特徴とするゲート電極の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路などにおけるコンタクトに用いられるバリアメタル、その形成方法、ゲート電極及びその形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、半導体集積回路などの半導体集積装置を形成するには、半導体ウエハ上に成膜、酸化拡散、エッチング等を繰り返し施して多数のトランジスタ、キャパシタ、抵抗器等を形成してこれらを配線パターンで接続する。また、集積回路の高性能化、多機能化の要請により、線幅等の一層の高微細化及び高集積化が求められており、更に、回路自体を絶縁層を介して積み上げて階層構造とする多層化も行なわれるようになった。

このような状況下において、配線断面積や接続部の断面積の減少により抵抗が上昇する傾向があるので、配線材料としては現在一般的に用いられているアルミニウムから、成膜がアルミニウム程容易ではないが、エレクトロマイグレーションに対する耐性も高く、しかも抵抗率も比較的小さいことから銅が用いられる傾向にある。

【0003】

また、トランジスタ素子に用いるゲート電極としては、一般的にはドーパドポリシリコン層を単独で用いたり、このドーパドポリシリコン層にモリブデンシリサイド層やタングステンシリサイド層を積層した2層構造のものを用いたりしているが、より抵抗率を小さくするために、2層構造のゲート電極において上層のシリサイド層を単独の金属層、例えばタングステン層で置き換えることなどが検討されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、銅やタングステンは、金属単独では非常に活性で他の元素と反応し易く、例えば金属銅は非常に酸化し易いので、これが比較的多くの酸素成分を含むSOG (Spin On Glass) の SiO_2 層間絶縁膜等と接すると金属銅中に SiO_2 層間絶縁膜中の酸素成分が拡散して金属銅と酸化してしまい、この抵抗値が大きくなるのみならず、剥離も発生するといった問題があった。

また、2層構造のゲート電極の一層に金属タングステン膜を用いた場合には、下層のドーパドポリシリコン層中からシリコン原子が、後の熱工程において上層

の金属タングステン膜中に拡散してこれと反応し、抵抗値が大きなタングステンシリサイドになってしまうという問題があった。

【0005】

そこで、これらの金属銅や金属タングステンの反応を防止するために、従来より用いられていたTiN（チタンナイトライド）等のバリアメタルを用いることも考えられるが、このTiN層は金属銅膜や金属タングステン膜との相性、例えば密着性が十分ではなく、好ましいバリアメタルではない。

また、最近の半導体集積回路の更なる高集積化、多層化及び動作速度の高速化の要請により、例えばゲート電極を例にとれば、更に各層を薄膜化して抵抗値を下げることや、エッチング加工時等のアスペクト比を緩くすることが望まれている。

【0006】

しかしながら、ゲート電極を構成するタングステン膜などは、この薄膜化が進むと、下地層である例えばポリシリコン層との密着性や耐熱性が劣化してくるという問題がある。そこで、この場合にも、バリアメタルとして両層間に従来周知のTiN膜を介在させることも考えられるが、この場合には、TiN膜とポリシリコン層との界面が酸化するなどして、特性が劣化するという問題があった。

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、金属銅膜や金属タングステン膜に対して有効なバリアメタル及びその形成方法を提供することにある。本発明の他の目的は、薄膜化しても特性の良好なゲート電極及びその形成方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1に規定する発明は、半導体集積装置のバリアメタルとして、WN_x或いはWSiN_xを用いるようにしたものである。

このバリアメタルは、半導体集積装置のビアホールやコンタクトホールに用いられ、例えば一面が配線用銅膜と接している。また、このバリアメタルは、半導体集積装置のゲート電極におけるポリシリコン層とタングステン層との界面に介在される。

【0008】

これにより、例えば配線用銅膜中に、これに隣接する層中から酸素原子等が拡散して侵入することを防止でき、銅膜が酸化されることを阻止することができる。また、バリアメタルと配線用銅膜との密着性も高く維持することができる。

また、バリアメタルをゲート電極に適用した場合には、ポリシリコン層中のシリコン原子がタングステン層中に拡散して侵入することを防止することができ、また、両層との密着性も高く維持することができる。

このようなバリアメタルは、1つの工程で形成することもでき、W層或いはWSi層の成膜工程とこの層の窒化工程とよりなる2工程で形成することもできる。

【0009】

1つの工程で形成するには、W層或いはWSi層の成膜ガスとMMH（モノメチルヒドラジン）ガス、 N_2 ガス、 NH_3 ガスの内、いずれか1つのガスを同時に供給し、WN_x層或いはWSiN_x層を形成する。

2工程で形成するには、まず成膜工程でW層或いはWSi層を形成し、次に、窒化工程で上記W層或いはWSi層を窒化してWN_x層或いはWSiN_x層を形成する。この窒化工程では、MMHガス、 N_2 ガス、 NH_3 ガスの内、いずれか1つのガスを用いる。

窒化処理に、MMHガス或いは NH_3 ガスを用いる場合にはプラズマレスの熱処理で窒化処理を行ない、また、 N_2 ガスを用いる場合にはプラズマを用いた窒化処理を行なう。

上述のように2工程でバリアメタルの形成を行なう場合には、成膜工程と窒化工程とを同一の処理装置内で行なうのがよく、また、この場合には、両工程の間に、装置内に残留する成膜ガスを不活性ガスにより排気するパージ工程を組み入れるのが副生成物抑制の見地から好ましい。

【0010】

請求項14に規定する発明は、半導体集積装置のゲート電極において、ゲート酸化膜上に、ポリシリコン層と、高融点金属の窒化膜よりなるバリアメタルと、前記高融点金属よりなる高融点金属層とを順次積層したものである。

【0011】

更に、本発明は、半導体集積装置のゲート電極において、ゲート酸化膜上に、高融点金属の窒化膜よりなるバリアメタルと、前記高融点金属よりなる高融点金属層とを順次積層したものである。

これにより、薄膜化しても、抵抗値が小さく、しかも、マイグレーション等が起こり難くて耐久性に優れたゲート電極とすることができる。

この場合、高融点金属としてはタングステンを主に用いることができる。また、ゲート酸化膜としては、この上層にポリシリコン層を用いる場合には、シリコン酸化膜を適用し、上層が直接バリアメタルとなる場合には、タンタルオキไซด์を適用する。

【0012】

このようなゲート電極を形成する場合には、少なくともバリアメタルを形成する成膜工程と、高融点金属層を形成する成膜工程とを同一成膜装置内で行なうようにする。これにより、異なる成膜工程毎に半導体ウエハ等を成膜装置から搬入搬出させる操作が不要となり、成膜操作を効率的に行なうことが可能となる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係るバリアメタル、その形成方法、ゲート電極及びその形成方法の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

まず、本発明のバリアメタル及びその形成方法について説明する。

図1はCuデュアルダマシン配線に適用したバリアメタルを示す拡大断面図、図2はコンタクトホールに適用したバリアメタルを示す拡大断面図、図3はゲート電極に適用したバリアメタルを示す拡大断面図である。

図1に示すようなCuデュアルダマシン配線を形成するデュアルダマシンプロセスは、半導体集積装置すなわち半導体集積回路において、デバイスの高性能化及び多機能化を実現する上で、配線の多層化が必要となり、この時、上層と下層の配線を接続する際に、配線とビアプラグを同時に形成して工程数の削減、配線の低コスト化及び低アスペクト比化を実現するプロセスである。

【0014】

図1において、2は例えば半導体ウエハ等の基板であり、4はこの基板2の表面に形成された下層の配線であり、この周囲は例えば SiO_2 絶縁膜6により絶縁されている。下層の配線4は、例えば金属銅の薄膜で形成される。8は例えばSOG (Spin On Glass) により形成された SiO_2 よりなる層間絶縁膜であり、上記 SiO_2 絶縁膜6と下層の配線4上を覆うように形成される。この層間絶縁膜8は、上述のようにSOGにより塗布形成されるので、比較的多くの酸素分子が含まれている。

【0015】

10は上記下層の配線4の一部を露出させるようにして上記層間絶縁膜8に形成されたビアホールであり、12は上記層間絶縁膜8の表面に形成される配線溝である。14は本発明に係る WNx (タングステンナイトライド) 或いは WSiNx (タングステンシリサイドナイトライド) よりなる薄いバリアメタルであり、上記ビアホール10の内壁面及び上記配線溝12の内壁面に形成される。16は例えば金属銅よりなる上層の配線であり、この配線の形成時に上記ビアホール10内も埋め込んでビアホールプラグ16Aも同時に形成される。

この場合、配線16の幅 L_1 は、 $1\mu\text{m}$ 以下、例えば $0.2\mu\text{m}$ 程度であり、また、バリアメタル14の厚さ L_2 は、 $0.05\sim 0.02\mu\text{m}$ 程度である。

【0016】

このようにデュアルダマシンプロセスにおいて、銅薄膜よりなる上層の配線16及び金属銅のビアホールプラグ16AとSOGにより形成された層間絶縁膜8との間に、 WNx 或いは WSiNx よりなる薄いバリアメタル14を介在させたので、このバリアメタル14により層間絶縁膜8中の酸素分子が金属銅よりなるビアプラグ16Aや上層の配線16中へ拡散して侵入することができず、従って、金属銅が酸化されるのを阻止することができる。このため、ビアホールプラグ16Aや上層の配線16を低い抵抗値のままで維持でき、また、この密着性が劣化することもないので、金属銅が剥がれることも防止することができる。

【0017】

図2は本発明のバリアメタルをコンタクトホールに適用した時の図を示しており、図中、18は基板2に形成されたトランジスタのソース或いはドレインであ

り、ここではソースとして話を進める。20はソース18を含むトランジスタ全体を被って絶縁するための層間絶縁膜であり、この絶縁膜20は、図1にて説明したと同様に、SOGにより形成された SiO_2 膜よりなる。22は、上記ソース18の表面を露出させるようにして形成されたコンタクトホールであり、この内壁面と層間絶縁膜20の上面には、本発明に係る WN_x 或いは WSiN_x よりなる薄いバリアメタル14が形成されている。そして、このコンタクトホール22内は金属銅よりなるコンタクトホールプラグ24Aにより埋め込まれ、同時にこの上部に金属銅が積層形成されてパターンエッチングにより配線24が形成される。尚、図示例では、層間絶縁膜20上のバリアメタル14もパターンエッチングされた状態を示している。

【0018】

この場合にも、 SiO_2 よりなる層間絶縁膜20と金属銅よりなるコンタクトホールプラグ24A及び配線24との間に、 WN_x 或いは WSiN_x よりなる薄いバリアメタル14を介在させるようにしたので、層間絶縁膜20中の酸素分子がコンタクトホールプラグ24Aや配線24中に拡散して侵入することを阻止することができる。従って、これらを構成する金属銅の酸化を防ぎ、低い抵抗値に維持できるのみならず、密着性が劣化することも防止してこれが剥がれることも阻止することができる。

【0019】

図3は本発明のバリアメタルをゲート電極に適用した時の図を示しており、図中、18及び19は、それぞれ基板2の表面に形成されたトランジスタ素子のソース及びドレインであり、これらの間に薄いゲート酸化膜26が形成されている。そして、このゲート酸化膜26上にゲート電極28が形成されるが、このゲート電極28は、下層より例えばリンドープのポリシリコン層30、本発明の WN_x 或いは WSiN_x よりなる薄いバリアメタル14及び金属タングステン層32を順次積層した3層構造になっている。

この場合にも、ポリシリコン層30と金属タングステン層32との間に、本発明のバリアメタル14を介在させるようにしたので、このバリアメタル14によりポリシリコン層30中のシリコン原子が金属タングステン層32に拡散して侵

入することを阻止でき、従って、金属タングステン層 32 がシリサイド化されることを防止することができる。このため、金属タングステン層 32 の抵抗値が低下することを防止することができるのみならず、この金属タングステン層 32 が剥離することも防止することができる。

【0020】

次に、上述したような本発明のバリアメタル 14 の形成方法について説明する。

図 4 はバリアメタルを形成するための処理装置を示す概略構成図であり、まず、この処理装置を説明する。図示するように、この処理装置は、例えばアルミニウム製の円筒体状の処理容器 34 を有しており、この容器 34 内には、基板 2 を載置する載置台 36 が設けられる。載置台 36 内には、基板 2 を所定のプロセス温度に加熱するための加熱ヒータ 38 が設けられている。尚、加熱ヒータ 38 に替えて、処理容器の下方に加熱ランプを設けて、基板 2 をランプ加熱するようにしてもよい。

【0021】

この処理容器 34 及び載置台 36 はそれぞれアースされており、載置台 36 は、高周波を使用する時に下部電極を兼用するようになっている。処理容器 34 の底部には、排気口 40 が設けられ、この排気口 40 には、真空ポンプ 42 を介した真空排気系が接続される。処理容器 34 の側壁には、ゲートバルブ 41 を介してロードロック室 44 が連結されており、処理容器 34 内との間で基板 2 の受け渡しを行なうようになっている。

【0022】

また、この処理容器 34 の天井部には、絶縁材 46 を介して多数のガス噴射孔 50 を有するシャワーヘッド部 48 が設けられている。このシャワーヘッド部 48 には、スイッチ 52 及びマッチング回路 54 を介して例えば 13.56MHz の高周波電源 56 が接続されており、必要に応じてシャワーヘッド部 48 に、高周波電力を印加してこれを上部電極と兼用させ、プラズマ処理を行なうことができるようになっている。プラズマ印加の手法は、これに限定されず、下部電極に高周波電力を印加するようにしてもよいし、また、上下の電極に高周波電力を印

加するようにしてもよい。

そして、このシャワーヘッド部 48 には、複数のガス源が、それぞれ開閉弁 58 及びマスフローコントローラ 60 を介して連結されている。ガス源としては、 WF_6 源 62、MMH 源 64、 SiH_4 源 66、 NH_3 源 68、 N_2 源 70、Ar 源 72、 H_2 源 74 等がそれぞれ必要に応じて設けられ、選択的に使用される。また、 SiH_4 ガスに替えて、ジシラン (Si_2H_6)、ジクロルシランを用いてもよい。

【0023】

次に、上記した装置を用いて行なわれる本発明のバリア金属の形成方法を具体的に説明する。

まず、このバリア金属の形成方法には、1つの工程で一気にバリア金属を形成する方法等がある。以下、その方法について順に説明する。ここでは、前述した Cu デュアルダマシンプロセスによりデュアルダマシン配線 (図 1 参照) を行なう場合を例にとって説明する。尚、本発明のバリア金属をコンタクトホールやゲート電極に適用する場合にも、バリア金属形成の前後の工程は異なるが、バリア金属の形成方法は全て同じである。

【0024】

(1) 1 工程による $WSiN_x$ の形成 (プラズマレス)。

まず、1 工程で $WSiN_x$ バリア金属を形成する方法について説明する。まず、図 4 に示す処理装置とは別の装置で、図 5 (A) に示すように基板 2 の SiO_2 絶縁層 6 と下層の配線 4 を覆って SOG により SiO_2 層間絶縁膜 8 を全面に形成する。そして、この層間絶縁膜 8 に配線パターンに沿って配線溝 12 をエッチング等により形成し (図 5 (B))、更に、この配線溝 12 内の所定の位置に、ビアホール 10 をエッチング等により形成して下層の配線 4 を露出させる (図 5 (C))。

ここまで基板 2 に対して処理を施したならば、この基板 2 を図 4 に示した処理装置内へ搬入してバリア金属の形成に移る。

【0025】

基板 2 を処理容器 34 の載置台 36 上に載置したならば、容器 34 内を密閉し

、基板2を所定のプロセス圧力に維持すると共にシャワーヘッド部48から所定の処理ガスを導入し、これと共に処理容器34内を真空引きして所定のプロセス圧力に維持してバリア金属の形成プロセスを行なう。処理ガスとしては、 WF_6 ガス、 SiH_4 ガス及びMMHガスをそれぞれ供給し、プラズマを用いない熱CVD (Chemical Vapor Deposition) により、一気に $WSiNx$ 膜よりなるバリア金属14を所定の厚みだけ成膜する(図5(D))。

ここでは基板2として、8インチウエハを用いており、この時の各処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが、2~20-s-c-c-m程度、 SiH_4 ガスが、10~300-s-c-c-m程度、MMHガスが、1~10-s-c-c-m程度である。プロセス温度は300~450℃程度、プロセス圧力は0.4~80 Torr程度である。シランに替えてジクロルシランを用いる場合には、他のガスの流量、プロセス圧力は同じで、プロセス温度が550℃~650℃程度である。尚、これらの数値は、後述する数値も含めて単に一例を示したに過ぎず、適宜最適条件を求めて変更するのは勿論である。

【0026】

このような方法により、1工程でバリア金属14を形成することができ、工程数の削減が可能となる。

このようにして、バリア金属14の形成が完了したならば、例えばこの基板2を処理装置から搬出し、CVD等により配線金属として金属銅を表面に堆積させてビアホール10と配線溝12内を同時に埋め込み、これにより、ビアホール10は、ビアホールプラグ16Aにより埋め込まれ、配線溝12には上層の配線16が形成される(図5(E))。尚、この金属銅のCVD処理は、バリア金属を形成した処理装置と同一処理装置内で行なうようにしてもよい。

【0027】

次に、金属銅が堆積された基板を処理装置から取り出し、これにCMP (Chemical Mechanical Polishing) 処理等を施すことにより、上面の不要な金属銅を研磨除去し、上層の配線パターンを形成する(図5(F))。これにより、Cuデュアルダマシン配線を完了することになる。

この実施例では、バリアメタル14に窒素原子を混入させるガスとしてMMHガスを用いたが、これに替えて、 NH_3 ガス或いは N_2 ガスを用いてもよいし、必要に応じてキャリアガスとして不活性ガス、例えばArガスを用いてもよい。また、 SiH_4 ガスに替えて、ジクロルシラン、ジシラン等を用いてもよいのは勿論である。

【0028】

(2) 1工程による WN_x の形成(プラズマレス)。

次に、1工程で WN_x バリアメタルを形成する方法について説明する。図5(D)に示す工程以外は全て上述した操作と同じであるので、図5(D)に示す工程を行なう場合のみを説明する。ここでは、処理ガスとしては WF_6 ガスとMMHガスを供給し、プラズマを用いない熱CVDにより、一気に WN_x 膜よりなるバリアメタル14を所定の厚みだけ成膜する。

この時の処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが、5～80 sccm程度、MMHガスが、1～20 sccm程度である。プロセス温度は300～450℃程度、プロセス圧力は、0.5～80 Torr程度である。

この場合には、使用する処理ガスの種類が2種類で済み、ガス供給系の構成を非常に簡単化できる。また、この場合にも、MMHガスに替えて、 NH_3 ガス或いは N_2 ガスを用いてもよいのは勿論である。

【0029】

(3) 2工程による WSiN_x の形成。

次に、2工程で WSiN_x バリアメタルを形成する方法について説明する。ここでは、図5(C)に示す工程を経た後、図4に示す処理装置内で、まずWSi層の成膜工程を行なう。この時の処理ガスとしては WF_6 ガスと SiH_4 ガスを用い、これらをキャリアガス、例えばArガスを用いて、或いは用いないで供給し、プラズマレスの熱CVDによりWSi膜を堆積させる。この時の処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが、2～80 sccm程度、 SiH_4 ガスが5～40 sccm程度である。プロセス温度は300～450℃程度、プロセス圧力は0.5～80 Torr程度である。尚、 SiH_4 に替えてジクロルシラン、ジシラン等を用いてもよいのは勿論である。

【0030】

このようにしてWSi膜の形成が完了したならば、WF₆ガスとMMHガスの供給を断ち、次に、MMHガスを供給して上記WSi膜を窒化処理してWSiN_xのバリアメタル14を形成する。この時のMMHガスの流量は、1～20 s c c m程度、プロセス温度は、300～450℃程度、プロセス圧力は、0.5～1.0 T o r r程度である。これにより、バリアメタル14の形成が完了することになる。このようにMMHガスを用いて窒化処理をするのは、上述のようにプロセス温度が低いので、反応副生成物が比較的発生し難くなり、パーティクル対策上、非常に有利である。

【0031】

ここでMMHガスに替えて、NH₃ガスやN₂ガスを用いてもよい。また、成膜工程と窒化工程との間に、処理容器34内にN₂ガスをパージして成膜で用いたWF₆ガスを完全に排除するのがよい。特に、窒化工程においてMMHガスに替えてNH₃ガスを用いる場合には、WF₆ガスが処理容器内に残留すると、アンモニアとフッ化ガスにより除去が困難な副反応生成物が形成されるので、窒化処理に入る前に、完全にWF₆ガスを排除するのが好ましい。NH₃ガスを用いる場合には、プロセス温度は300～450℃程度である。

【0032】

また、MMHガスに替えてN₂ガスを用いる場合には、スイッチ52を投入して高周波電力を上部電極（シャワーヘッド部）48と下部電極（載置台）36との間に印加し、内部にプラズマを立ててプラズマ窒化処理を行なう。この時のN₂ガスの供給量は、50～300 s c c m程度であり、プロセス温度は300～450℃程度であり、プロセス圧力は0.1～5 T o r r程度である。

このように、2つの工程を同一処理装置内で行なえば、ウエハ搬送に要する時間を節約できるのでスループットを向上できるが、上記成膜工程と窒化工程を別々の処理装置で実行してもよいのは勿論である。

【0033】

(4) 2工程によるWN_xの形成。

次に、2工程でWN_xバリアメタルを形成する方法について説明する。ここで

は図5(C)に示す工程を経た後、図4に示す装置内で、まず、W層の成膜工程を行なう。この時の処理ガスとしては WF_6 ガスと H_2 ガスを用い、プラズマレスの熱CVDによりW膜を堆積させる。この時の処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが、5～100 sccm程度、 H_2 ガスが100～1000 sccm程度である。プロセス温度は、300～450℃程度、プロセス圧力は1～80 Torr程度である。

【0034】

このようにして、W膜の形成が完了したならば、 WF_6 ガスと H_2 ガスの供給を断ち、次に、MMHガスを供給して上記W膜を窒化処理して WN_x のバリアメタル14を形成する。この時のMMHガスの流量は、1～10 sccm程度、プロセス温度は、300～450℃程度、プロセス圧力は、0.1～5 Torr程度である。これにより、バリアメタル14の形成が完了することになる。このように、MMHガスを用いて窒化処理をするのは、上述のようにプロセス温度が低くて済むので、反応副生成物が比較的発生し難くなり、パーティクル対策上有利となる。

【0035】

ここでも、先の(3)で説明したようにMMHガスに替えて、 NH_3 ガスや N_2 ガスを用いてもよい。また、成膜工程と窒化工程との間に、処理容器34内に N_2 ガスをパージして成膜で用いた WF_6 ガスを完全に排除するのがよい。特に、窒化工程においてMMHガスに替えて NH_3 ガスを用いる場合には、 WF_6 ガスが処理容器内に残留すると、アンモニアとフッ化ガスにより除去が困難な副反応生成物が形成されるので、窒化処理に入る前に、完全に WF_6 ガスを排除するのが好ましい。 NH_3 ガスを用いる場合には、プロセス温度は300～450℃程度である。

【0036】

また、MMHガスに替えて N_2 ガスを用いる場合には、スイッチ52を投入して高周波電力を上部電極（シャワーヘッド部）48と下部電極（載置台）36との間に印加し、内部にプラズマを立ててプラズマ窒化処理を行なう。この時の N_2 ガスの供給量は、50～300 sccm程度であり、プロセス温度は300～

450℃程度であり、プロセス圧力は0.1～5 Torr程度である。

このように、2つの工程を同一処理装置内で行なえば、ウエハ搬送に要する時間を節約できるのでスループットを向上できるが、上記成膜工程と窒化工程を別々の処理装置で実行してもよいのは勿論である。

以上のようにして各方法で形成したバリアメタル14は、特性検査の結果、酸素原子或いはシリコン原子に対するバリア性が十分に高いことを確認することができた。

【0037】

次に、本発明のゲート電極及びその形成方法について説明する。

ここでは図3において説明したゲート電極28について更に詳しく説明する。図6は図3に示すゲート電極の部分を示す拡大図である。バリアメタル14としては、ここではタングステンナイトライド(WNx)を用いた場合を例にとって説明する。図3において説明したように、例えばシリコン単結晶よりなる半導体ウエハ等の基板2のゲート酸化膜26の両側には、ソース18、ドレイン19が形成されている。ゲート酸化膜26としては、ここではシリコン酸化膜(SiO₂)を用いている。

【0038】

また、例えばリンドープのポリシリコン層30は、前述したように他の成膜装置で成膜され、その後、この基板Wを図4に示すような成膜装置へ搬入する。

WNx膜の形成には、前述したようにプラズマレスの熱CVDにより1工程で形成する場合と、2工程で形成する場合とがあり、どちらを用いてもよい。

まず、1工程でWNx膜を形成する場合には、前述したように処理ガスとしてはWF₆ガスとMMHガスを供給し、プラズマを用いない熱CVDにより、一気にWNx膜よりなるバリアメタル14をポリシリコン層30上に所定の厚みだけ成膜する。この時の処理ガスの流量は、WF₆ガスが、5～80 sccm程度、MMHガスが、1～20 sccm程度である。プロセス温度は300～450℃程度、プロセス圧力は、0.5～80 Torr程度である。

【0039】

この場合には、使用する処理ガスの種類が2種類で済み、ガス供給系の構成を

非常に簡単化できる。また、MMHガスに替えて、 NH_3 ガス或いは N_2 ガスを用いてもよいのは勿論である。

また、2工程でWNx膜を形成する場合には、前述したようにまず、最初にW層の成膜工程を行なう。この時の処理ガスとしては WF_6 ガスと H_2 ガスを用い、プラズマレスの熱CVDによりW膜を堆積させる。この時の処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが、5～100 sccm程度、 H_2 ガスが100～1000 sccm程度である。プロセス温度は、300～450℃程度、プロセス圧力は1～80 Torr程度である。

【0040】

このようにして、W膜の形成が完了したならば、 WF_6 ガスと H_2 ガスの供給を断ち、次に、MMHガスを供給して上記W膜を窒化処理してWNxのバリアメタル14を形成する。この時のMMHガスの流量は、1～10 sccm程度、プロセス温度は、300～450℃程度、プロセス圧力は、0.1～5 Torr程度である。これにより、バリアメタル14の形成が完了することになる。このように、MMHガスを用いて窒化処理をするのは、上述のようにプロセス温度が低くて済むので、反応副生成物が比較的発生し難くなり、パーティクル対策上有利となる。

【0041】

ここでも、MMHガスに替えて、 NH_3 ガスや N_2 ガスを用いてもよい。また、成膜工程と窒化工程との間に、処理容器34内に N_2 ガスをパージして成膜で用いた WF_6 ガスを完全に排除するのがよい。特に、窒化工程においてMMHガスに替えて NH_3 ガスを用いる場合には、 WF_6 ガスが処理容器内に残留すると、アンモニアとフッ化ガスにより除去が困難な副反応生成物が形成されるので、窒化処理に入る前に、完全に WF_6 ガスを排除するのが好ましい。 NH_3 ガスを用いる場合には、プロセス温度は300～450℃程度である。

【0042】

このようにして、1工程で或いは2工程でWNx膜のバリアメタル14を形成したならば、同一処理容器34内で上層のタングステン層32を形成する。このタングステン層32の成膜操作は、先に示した2工程によるWNx膜の前段のW

膜の成膜工程と同じであり、処理ガスとしては WF_6 ガスと H_2 ガスを用い、プラズマレスの熱CVDによりW膜を所定の厚さだけ堆積させる。この時の処理ガスの流量は、 WF_6 ガスが $5\sim 100\text{ sccm}$ 程度、 H_2 ガスが $100\sim 1000\text{ sccm}$ 程度である。プロセス温度は $300\sim 450^\circ\text{C}$ 程度、プロセス圧力は $1\sim 80\text{ Torr}$ 程度である。この時の各層の厚さは、例えば1Gビットの容量に対応するメモリのデザインルールに適用できるように、ゲート酸化膜26が 20 \AA 程度、ポリシリコン層30が 500 \AA 程度、バリアメタル14が 50 \AA 程度、タングステン層32が 500 \AA 程度である。

【0043】

このようにしてタングステン層32を形成することにより、ゲート電極28を形成する。このように、バリアメタル14とタングステン層32は金属材料として同一の材料、すなわちタングステンを用いているので、同一の成膜装置内で連続的に成膜することができ、基板の搬出搬入操作が不要になって生産性を向上させることができる。

また、ポリシリコン-メタルゲート電極に、このようにバリアメタルとしてWNx層を用いることにより、抵抗値も非常に少なく、両層間の密着性及び耐熱性も高く維持でき、高いバリア性を発揮させることができる。特に、バリアメタル14を 50 \AA 程度まで薄膜化しても上述したような十分なバリア性を備えており、半導体集積回路の薄膜化及び多層化に対応することができる。

ここで、本発明のゲート電極と従来において一般的に用いられていたゲート電極の特性を評価したので、その結果を表1に示す。

【0044】

【表1】

	比較例1	比較例2	本発明
構造	Poly/WSi	Poly/TiSi	Poly/WN/W
抵抗値 (uohmcm)	50-60	20-30	10
耐熱性 (°C)	1000	800	900
耐薬品性 (HF)	遅い	速い	遅い
成膜時のエッチング特性	多い	少ない	多い

【0045】

表1中において、比較例1、2は従来のゲート電極を示し、比較例1はポリシ

リコン層とタングステンシリサイド層のゲート電極、比較例 2 はポリシリコン層とチタンシリサイド層のゲート電極をそれぞれ示す。

表 1 から明らかなように、ゲート電極として特性上重要な抵抗値及び耐熱性において共に優れているのみならず、HF（フッ化水素）に対する腐食性を示す耐薬品性や成膜時のエッチング特性も良好であることが判明する。尚、成膜時のエッチング特性が少ないことは、膜厚のコントロール性が良好であることを意味し、薄い膜厚のゲート電極を精度良く作ることができることになる。

これに対し、比較例 1 は耐熱性は良好であるが、重要な要素である抵抗値がかなり大きく、好ましくない。また、比較例 2 は抵抗値が大きいのみならず、耐熱性も評価の基準となる 850℃よりも低く、好ましくない。

【0046】

尚、上記実施例では、ゲート酸化膜 26 として SiO_2 を用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、ゲート酸化膜 26 として更に薄膜化に対応したタンタルオキサイド (Ta_2O_5) を用いることもできる。

図 7 はゲート酸化膜として Ta_2O_5 を用いた時のゲート電極の拡大断面図を示している。図 7 に示すゲート電極の場合には、ポリシリコン層を用いなくて、 Ta_2O_5 のゲート酸化膜 26 上に、WNx 膜よりなるバリアメタル 14 を直接形成し、更にこの上にタングステン層 32 を形成している。

このバリアメタル 14 及びタングステン層 32 の成膜は、先に示したように同一の成膜装置内で連続的に処理することにより形成すればよい。この場合にも、前述したと同様に WNx 膜のバリアメタル 14 が有効にバリア性を発揮するのみならず、ポリシリコン層を省略できた分だけゲート電極 28 の厚みを更に小さくでき、ゲート酸化膜 26、バリアメタル 14 及びタングステン層 32 を含めた全体の厚みを例えば 1000 Å 程度までに小さくでき、4 Gビットの容量のメモリのデザインルールにも適用することができる。

尚、本発明実施例で用いる WNx や WSiNx は、他の主要な膜同様、 ClF_3 ガスを含むガスでクリーニングできる。適当な枚数のウエハに成膜処理をする毎にクリーニングを行えば、パーティクルの発生が抑えられ、高品質の成膜が可能となる。

また、上記実施例では、高融点金属材料としてタングステンを用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、例えばモリブデン (Mo) を用いてもよい。また、上記実施例では、基板として半導体ウエハを用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、LCD基板、ガラス基板等にも適用することができるのは勿論である。

【0047】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のバリアメタル、その形成方法、ゲート電極及びその形成方法によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

請求項 1 乃至 13 に規定する発明によれば、バリアメタルとして WN_x 或いは $WSiN_x$ を用いることにより、例えば配線用銅膜の酸化を防止することができる。

また、このバリアメタルをゲート電極に用いることにより、タングステン層がシリコン元素と反応することを防止することができる。

バリアメタルを形成する際に、1つの工程で行なうことにより、工程数を削減することができる。

また、バリアメタルを形成する際に、MMHガスを用いる場合には、プロセス温度が低くて済むので、反応副生成物が発生し難くなり、パーティクル対策上有利である。

請求項 14 乃至 19 に規定する発明によれば、ポリシリコン—メタルのゲート電極やメタルのゲート電極に WF_x 膜よりなるバリアメタルを用いることにより、バリア性は勿論のこと密着性及び耐熱性を向上させることができ、薄膜化及び多層化に対応したゲート電極を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

Cuデュアルダマシン配線に適用したバリアメタルを示す拡大断面図である。

【図 2】

コンタクトホールに適用したバリアメタルを示す拡大断面図である。

【図 3】

ゲート電極に適用したバリアメタルを示す拡大断面図である。

【図 4】

バリアメタルを形成するための熱処理装置を示す概略構成図である。

【図 5】

Cuデュアルダマシンプロセスを説明するための図である。

【図 6】

図 3 に示すゲート電極の部分を示す拡大図である。

【図 7】

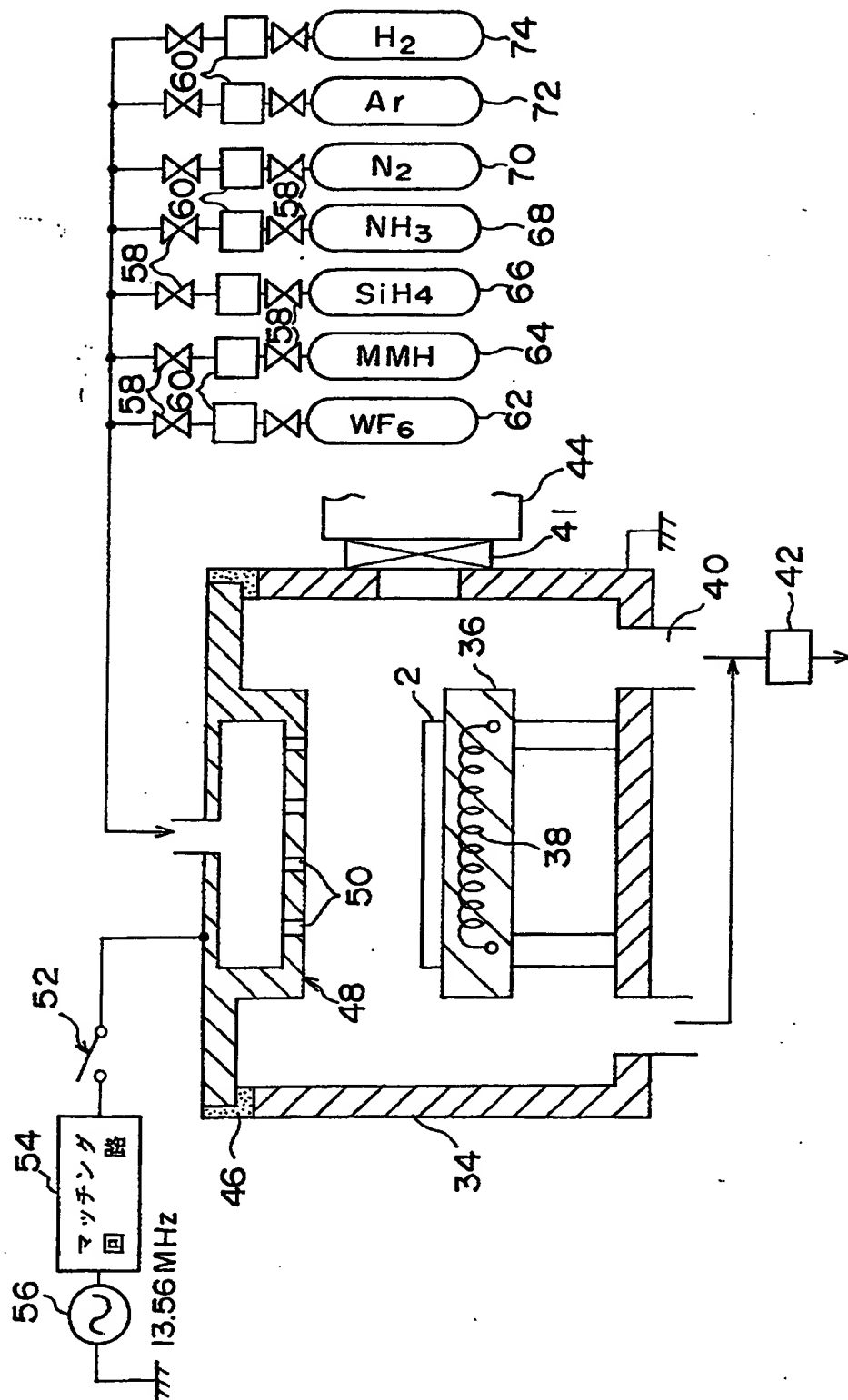
ゲート酸化膜として Ta_2O_5 を用いた時のゲート電極の拡大断面図を示している。

【符号の説明】

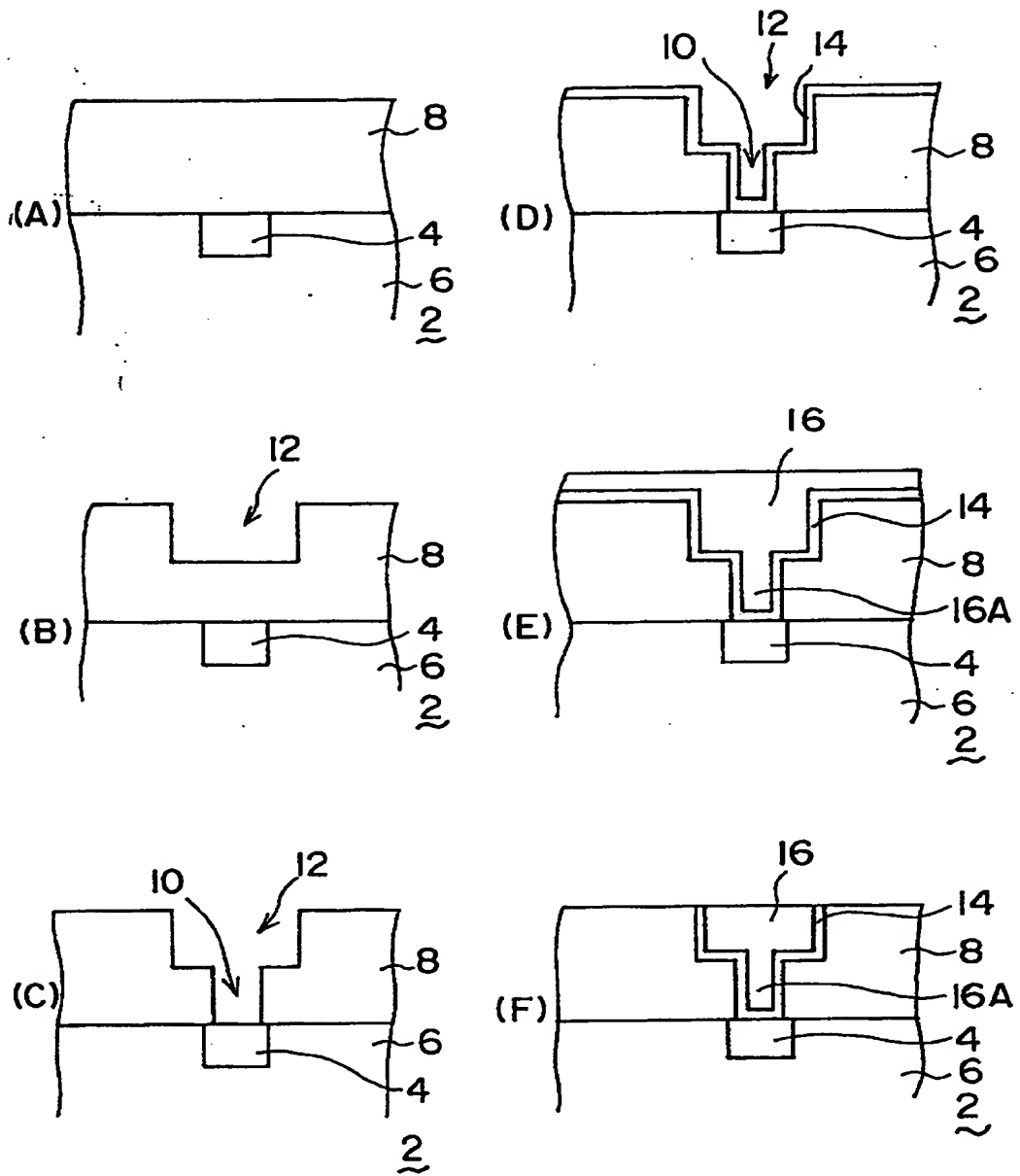
- 2 基板
- 4 下層の配線
- 6 SiO_2 絶縁膜
- 8 層間絶縁膜
- 10 ビアホール
- 12 配線溝
- 14 バリアメタル
- 16 上層の配線（配線用銅膜）
- 16A ビアホールプラグ
- 18 ソース
- 19 ドレイン
- 20 層間絶縁膜
- 22 コンタクトホール
- 24 配線（配線用銅膜）
- 24A コンタクトホールプラグ
- 26 ゲート酸化膜
- 28 ゲート電極
- 30 ポリシリコン層

32 タングステン層

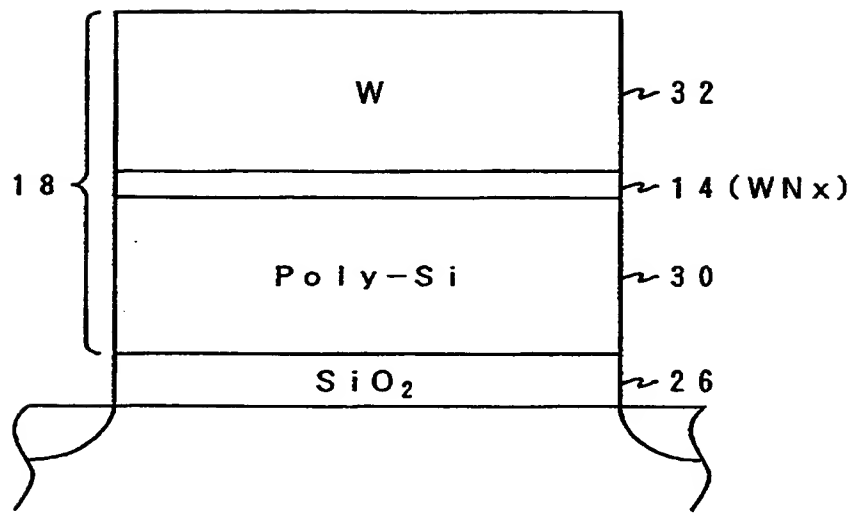
【図4】



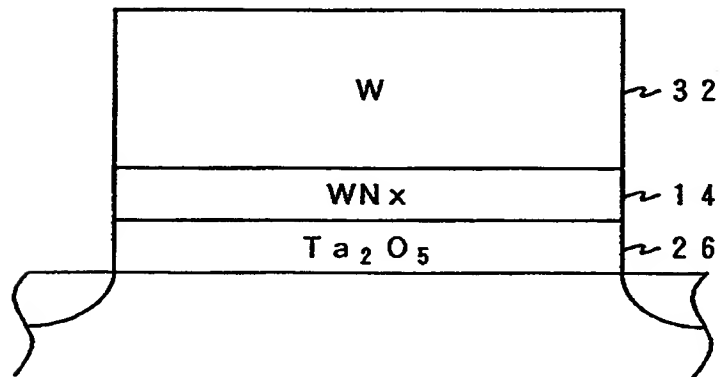
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属銅膜や金属タングステン膜に対して有効なバリアメタルを提供する。

【解決手段】 半導体集積装置のバリアメタル 14 として、 WN_x 或いは $WSiN_x$ を用いる。これにより、金属銅膜や金属タングステン膜に対して有効にバリア機能を発揮させる。

【選択図】 図 1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000219967
【住所又は居所】 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号
【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100090125
【住所又は居所】 神奈川県横浜市中区長者町 5-75-1-1120
浅井特許事務所
【氏名又は名称】 浅井 章弘

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名 東京エレクトロン株式会社